

Intern rapport nr. 2286

Vegrekkverk- vedlikehold og gjenbruk



17.07.02

Vegteknisk avdeling, Vegdirektoratet

Vegrekkverk- vedlikehold og gjenbruk

Sammendrag

Vegrekkverk spiller en meget viktig rolle i arbeidet med å redusere trafikkulykker. Nær 30 % av trafikkulykkene kan føres tilbake til utforkjøringer. Rekkverk kan ikke forhindre at uhell oppstår, men når disse skjer er det om å gjøre at det finnes rekkverk som fanger opp kjøretøyene på en måte som gjør at personskader og skader på kjøretøy og omgivelser blir minst mulig.

Det er i dag montert nær 10 000 km rekkverk langs det norske vegnettet på ca 90 000 km. Det alt vesentligste av dette er stålskinnerekkverk festet til trykkimpregnerte trestolper. Norge, Canada og en del stater i USA benytter trestolper. Ellers i verden er det stålstoelper som anvendes. Da arbeidet med rekkverk for alvor kom i gang i begynnelsen av 60 årene, ble det utarbeidet rekkverknormaler hvor man satset på trestolper som en billig løsning og som en støtte til norsk treindustri. Det er montert opp ca 2, 7 mill trestolper.

Vegvesenet bruker årlig ca 100 mill til oppsetting av vegrekkverk hvorav en tredjedel til reparasjon og vedlikehold av oppsatt rekkverk. Det er derfor av stor betydning at det velges riktige og godkjente rekkverktyper og at disse monteres opp på en måte som gjør at vedlikeholdsutgiftene blir lavest mulig. Enda viktigere er det at rekkverk er satt opp på strekninger hvor dette er påkrevd og at rekkverket har en evne til å fungere på en effektiv og kontrollert måte ved forskjellige former for påkjøring. En påkjørsel av et rekkverk innebærer alltid en fare for skader på kjøretøy og mennesker. For at denne risikoen skal være minst mulig, er det nå innført en godkjenningsordning med europeiske testkrav til rekkverk som skal settes opp. Disse kravene ble i 1998 innført som Norsk standard.

Denne rapporten tar for seg muligheter for å redusere skader på stålskinnerekkverk og tiltak for å holde vedlikeholdsutgiftene lavest mulig.

Emneord: *Vegrekkverk*

Kontor: *3500-Stab*

Saksbehandler: *Arnulf Ingulstad*

Dato: *17.07.02*

/ ai

Statens vegvesen, Vegdirektoratet
Vegteknisk avdeling, Vegdirektoratet

Postboks 8142 Dep, 0033 Oslo
Telefon: 22 07 39 00 Telefax: 22 07 34 44

Innhold

Kap. 1	Prosjektbeskrivelse	side 2
2	Omfang	2
3	Rekkverktyper	2
4	Skadetyper	3
	Påkjøringsskader	
	Brøyteskader	
	Snølastskader	
	Råteskader	
	Feil rekkverkshøyde	
5	Følger av skadene	9
6	Tiltak for å redusere rekkverkskader	10
	Påkjøring – test på Lista flyplass	
	Snøbrøyting – test på List flyplass	
	Snøplogbeskytter	
	Rekkverkforsterkning	
	Montering av rekkverk	
7	Miljø	18
	Trestolper	
	Stålstolper	
	Plaststolper	
8	Gjenbruk	21
9	Konklusjon	25
	Vedlegg 1	

Vegrekkverk – vedlikehold og gjenbruk

1. Prosjektbeskrivelse

Denne FOU rapporten tar for seg skader på vegrekkverk, hva som er årsaker til at disse oppstår, muligheter for å redusere skadene gjennom valg og utformingen av rekkverkskomponenter, montering av rekkverket, snøplogutforming, gjenbruk og arbeidsmiljø. Målsettingen er at rapporten med sine informasjoner og anbefalinger skal kunne bidra til reduserte vedlikeholdskostnader for vegrekkverk.

2. Omfang

Langs en total veglengde på 91 000 km er det satt opp 9 900 km rekkverk. Av dette er 8 300 km stålskinnerekkverk, resten er forskjellige typer betongrekkverk, wirerekkverk og rørrekkverk. Stålskinnerekkverkene avsluttes med en skrå nedføring på 12 m unntaksvis kortere på 8 og 4 m. Det monteres ca 15 slike nedføringer pr km veg. Dette innebærer at det er montert opp ca 125 000 slike nedføringer.

Vegvesenet bruker hvert år ca 70 mill kr til oppsetting av vegrekkverk. Av dette beløpet går mer enn halvparten til reparasjon av skadet eller gammelt rekkverk som av forskjellige grunner ikke lenger holder mål.

3. Rekkverktyper

Det er for noen år tilbake innført en europeisk standard med krav og testprosedyrer for vegrekkverk. Denne ble i 1999 inntatt som Norsk Standard NS-EN 1317-1, 2 og 3. Norge har deltatt i utformingen og er forpliktet seg til å ta standarden i bruk. Det finnes i dag en rekke forskjellige rekkverkstyper på markedet som er testet i henhold til denne standarden. Godkjenningen av rekkverkene foretas av de enkelte land basert på laboratorietester. Vegdirektoratet er ansvarlig for godkjenningen og utarbeidelse av en liste over hvilke rekkverk som er godkjent for bruk i Norge.

W formede stålskinner festet til trestolper har inntil de siste årene vært mest brukt i Norge. Det er også montert en del stålskinnerekkverk festet til stål (zigzag) stolper i Oslo området. Stålskinnerekkverk festet til stålstolper er den helt dominerende rekkverkstypen i Europa og ellers i verden. I de siste årene er det blitt tatt i bruk andre rekkverkstyper. I Norge og Sverige gjelder dette først og fremst wirerekkverk, men også noe stålrør-rekkverk er satt opp.

I det siste året er det i Norge testet og godkjent stålskinne- rekkverk festet til plaststolper. Slike er nå montert i en del fylker.

4. Skadetyper

Det er nedenfor listet opp de viktigste skadetyper for vanlig stålskinnerekkverk. Denne rekkverktypen er helt dominerende og omfatter nær 90 % av rekkverket langs norske veger.

Denne rapporten er derfor begrenset til forhold knyttet til denne rekkverktypen.

- a) Påkjøringsskader som deformerer skinnene og brekker, trekker opp eller presser stolpene ut til siden
- b) Brøyteskader med
 - Utklemming av rekkverkskinnene og avskraping av galvaniseringen som følge av press fra snøploger.
 - Kuttskader i stolper ved bakkenivå forårsaket av snøplogskjæret.
 - Nedkjøring av nedførte rekkverkavslutninger av biler og snøploger.
- c) Snølastskader som følge av stor snetyngde på rekkvekskinnen.
- d) Skadet som følge av råde i trestolpene ved bakkenivå.
- e) Feil skinn høyde i forhold til vegbanen

Påkjøringsskader

- Skinner

Ved påkjørsel skal skinnen løsne fra stolpene eller stolpene skal brekkes av slik at skinnen holdes inn mot kjøretøyet i sin opprinnelige høyde. Skinnen er montert så høyt at kjøretøyet ikke tipper over skinnen. Skinnen gir noe etter under kollisjonen. Det maksimale utslaget under en kollisjon med en 1500 kg tung bil som kommer inn mot rekkverket i en vinkel på 20 grader og med 110 km/t kalles arbeidsbredde W. For et stålskinnerekkverk festet til trestolper med 4 m stolpeavstand er arbeidsbredden ca 1,8 - 2 m. Rekkverkskinnen fører bilen tilbake på vegbanen over en strekning på ca 15 m.



Bilde 1 viser et typisk kollisjonsforløp

For tyngre biler og enda større hastigheter blir arbeidsbredden større og i verste fall føre til brudd i rekkverket. For lettere biler og mindre hastigheter vil arbeidsbredden bli mindre. Ved kraftige påkjørsler vil rekkverkskinnen deformeres betydelig, bues ut og flatklemmes. Slike skinner må da skiftes ut. Ved mindre kraftige påkjørsler vil ofte en eller flere av de deformerte skinnene kunne rettes opp og anvendes på nytt (se nærmere om dette under pkt 8).

- Stolper

Ved kollisjon skal stolpene normalt løsne fra skinnen eller brette av slik at skinnen ikke blir trukket ned av stolpen mot vegbanen. Trestolpene som brukes i Norge har en diameter på 14 cm. De blir under en kraftig kollisjon oftest slått av ved bakken samtidig som de splintres. Ved mindre kraftige påkjørsler knekkes stolpenes, skyves ut til siden og dras noe opp av bakken. I visse tilfelle fører dette til overkjøring av rekkverkskinnen som trekkes ned mot bakken. Stolpene må i alle tilfelle skiftes ut. Dette gjelder ikke bare stolpene på selve påkjøringsstedet, men også stolpene på hver side av kollisjonsstedet. Disse er ofte skadet i form av sprekkdannelse som følge av strekkraftene som er overført til stolpene fra stålskinnen via boltene.



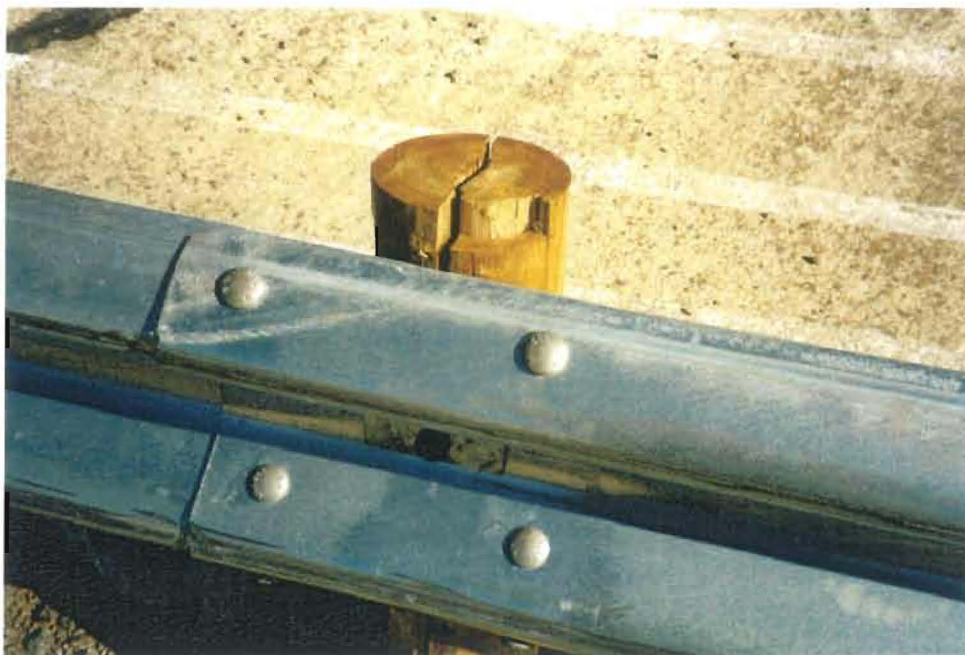
Bilde 2 viser resultatene etter en påkjøring av et rekkverk med buss hvor rekkverket fungerte riktig.



Bilde 3 viser et rekkverk overkjørt av lastebil hvor sidefeste for stolpene har vært alt for dårlig.



Bilde 4 viser skadene på rekkverket foran påkjøringsstedet



Bilde 5 viser sprekkdannelse som følge av strekkrefter overført gjennom skinne til bolt.

Brøyteskader

-Skinner

Ved snøbrøyting under vanskelige værforhold på svingede veger vil snøplogen ofte bli liggende mot rekkverket. Dette gjelder spesielt i venstresvinger hvor rekkverket gir føring for plogen. Derved oppstår de typiske rekkverkskadene med flatklemming og utblokking av rekkverkskinnen i et parti på ca 80 cm foran stolpene. På dette partiet er ofte også galvaniseringen slitt bort på fronten av skinnetoppene. Disse er ofte angrepet av rust. Hvorfor flatklemmingen skjer akkurat på dette partiet skyldes at rekkverkskinnen gir etter på midtpartiet mellom to stolper, men når plogvingen nærmer seg stolpen øker presset mot skinnen fordi stolpen gir lite etter. Rekkverkprofilet klemmes flatt oppover og nedover. Når plogvingen nærmer seg stolpen blir flatklemmingen mindre fordi skinnene her er skjøtt sammen og har dobbelt styrke.



Bilde 6 viser typiske brøyteskader

Disse brøyteskadene gir et dårlig inntrykk av vegvedlikeholdet. Men viktigere er at slike skader forringer rekkverkets evne til å fungere effektivt i en kollisjon. Det er derfor to oppgaver vegvesenet står overfor:

- på en billigst mulig måte reparere rekkverket når slike skader har oppstått .
- finne frem til tiltak som forhindrer at slike skader oppstår.

- Stolper

Normalt er det skinnene som skades mest av snøbrøytingen, men stolpene blir også utsatt for betydelige påkjenninger. Skadene på stolpene er først og fremst knyttet til en utpressing av disse til siden. Spesielt gjør dette seg gjeldende på eldre veger med dårlig masse i vegskulderen eller hvor stolpene står så langt ut på vegkanten at sidestøtten er for dårlig eller stolpene ikke er slått langt nok ned i bakken. Lengden på tre og plaststolper er 2 m hvorav 123 cm skal være slått ned i bakken. Spesielt utsatt for utbøying til siden er rekkverk festet til stålstolper hvor bredden på stolpene bare er 5,5 cm. Forholdet er noe bedre for tre eller plaststolper som har en diameter på 14 cm. Innfestingen av stolpen i bakken og bredden av skulderen utenfor stolpen er meget viktige faktorer for virkningen av vegrekkverket og vedlikeholdskostnadene.

Et annet problem som til sine tider har vært betydelig, er skader av trestolpene nede ved bakken som følge av kutt fra snøplogskjæret. Som følge av at snøplogvingen og skjæret står i en vinkel på kjøreretningen, vil høyre hjørne av plogskjæret stikke ut til siden og spesielt i venstresvinger, så meget at skjæret kutter inn i rekkverkstolpene og skader disse.

De nedførte endeavslutningene på vegrekkverk er ofte utsatt for skader fra snøplogen. De nedførte endeavslutningene ble innført til erstatning for de rette avslutningene på rekkverksskinnene som viste

seg meget farlige og trengte inn i førerhuset ved påkjøringer. Det finnes i dag ca 125 000 slike nedførte endeavslutninger. De nedførte endene skal etter gjeldende retningslinjer føres ned i bakken over 12 m og skal avsluttes 1 m ut til siden. Dette er ofte ikke gjort og selv om de er forskriftsmessig montert, er de meget utsatte for påkjørsler av snøplogen. Rekkverksendene som går på skrå ned i bakken og er så lave at begynnelsen av skinnen om vinteren ofte er dekket av snø. Brøytesjåførene har derfor under vanskelige værforhold problemer med å se endeavslutningene og kjører lett bort i disse som derved skades og samtidig også skader plogving og plogskjær.

De nedførte endeavslutningene har vist seg å være en svært lite heldig avslutning på rekkverkene. Ved påkjørsel løftes bilen opp på den skrå skinnen og velter rundt. En rekke dødsfall kan føres tilbake til disse nedføringene. De nye Rekkverknormalene vil sette en sterk begrensning for bruken av slike fremover og legger opp til andre løsninger.

Snølastskader

Mange steder i landet er det et problem med store snømengder som ødelegger rekkverkene. Spesielt om våren under tining bøyes rekkverkene ut til siden eller presses ned mot bakken på grunn av vekten av tung snø. Snølasten stiller store krav til innfestingen i bakken og styrken i stolpene som holder rekkverkskinnen. Det stiller også krav til innfestingen mellom stolper og skinne. Som nevnt foran skal under kollisjon forbindelsen mellom skinne og stolpe brytes eller trestolpen slås av slik at rekkverkskinnen ikke trekkes ned mot bakken. Ved å benytte tynnere bolter eller svakere stålskiver under boltehodet vil dette lett oppnåes, men derved vil snølasten kunne rive skinnen løs fra stolpen eller at trestolpen blir splittet av den tynne bolt som presses ned i treverket.



Bilde 7 viser typiske snølastskader

Råteskader

Da vegrekkverk ble innført som en standard langs vegene i Norge, var trestolpene innsatt med saltimpregnering bestående av kopper, krom og arsen (CCA) alternativt kreosot for å forhindre råte. Kreosoten ga imidlertid utslett og eksem. Vegvesenet gir derfor bort fra dette alternativet. CCA har vært benyttet frem til i dag og benyttes fortsatt. Erfaringen tyder på at levetiden ligger på mellom 20 – 30 år. Som oftest skyldes utskifting av stolper andre årsaker en råte. I noen fylker og områder er imidlertid råte en årsak til utskifting. Dette henger antagelig sammen med klimatiske forhold og/ eller typen masse stolpene er satt ned i.

Feil rekkverkshøyde

Rekkverket kan gjennom årene ofte få en lavere høyde enn da det ble montert opp. Normalt er høyden fra bakken og opp til øvre kant av rekkverkskinnen 75 cm . Høyden er bestemt ut fra at skinnen ved påkjøring skal holde bilen igjen uten overkjøringer eller underkjøringer av rekkverket. En forutsetning for dette er at rekkverkskinnen forblir i den høyden den hadde under godkjenningstesten.

Årsaken til at rekkverkskinnens høyde endres er ofte at det er asfaltert oppå den opprinnelige asfalten uten at denne er frest ned eller fordi stolpene på grunn av teledannelse er blitt løftet opp, bøyd ut til siden eller sunket i vegfyllingen på utsiden av rekkverket. Grunnen til dette kan være for løse masser eller dårlig komprimering rundt stolpene under monteringen.



Bilde 8 viser et rekkverk som ligger for lavt på grunn av asfaltering

5. Følger av skadene.

Skader på rekkverkskinne og stolper vil føre til at rekkverket i en kollisjon ikke lenger fungerer som forutsatt. Et skadet rekkverk vil ved påkjørsel kunne gi et alt for stort utslag til siden eller brennes ned og overkjøres uten å stanse bilen. I verste fall vil deler av rekkverket kunne rives løst og trenge inn i bilen.

I Håndbok 111, Prosess 75.8, er det derfor gitt visse retningslinjer for hvor store skadene kan være for at utskifting av skinnene skal finne sted og hvor fort dette må gjøres.

6. Tiltak for å redusere rekkverkskader

Påkjøring- Test på Lista

For å få et bilde av og indikasjon på hvorledes et stålskinne rekkverk oppfører seg ved forskjellige belastninger og påkjøringer og hvilket vedlikeholdsbehov dette medfører, ble det i mars 2002 utført trykkprøver av rekkverk på Lista flyplass. (se Vedlegg 1). Prøvene ble utført med stålskinner feste til henholdsvis stålstooper, trestooper og plaststooper. Stålstoopene var vanlige zigmastolper produsert av Vik Verk, trestoopene var svensk produserte kopper, krom og arsen (CCA) impregnerte stolper med 14 cm diameter og plaststoopene var av polyetylen med 14 cm diameter og 1,4 cm veggtykkelse laget av firmaet Hallingplast.

En stor lastebil utstyrt med en stålsylinder ble rygget inn mot rekkverket i trinn på ca 10 cm for så å bli trukket tilbake. De varige deformasjonene ble målt for hvert trinn. Den varige deformasjonen etter en maksimal utbøying på 74 cm mot de tre stoopetypene viser at forskjellen er liten mellom tre og stålstooper, men stor sammenliknet med plaststooper.



Bilde 9 viser utbøying med trestolper



Bilde 10 viser utbøying med stålstoelper



Bilde 11 viser utbøying med plaststoelper

Den permanente deformasjonen var for:

stålstolper	51 cm
trestolper	55 cm
plaststolper	34 cm

Rekkverket feste til trestolper og stålstolper fikk altså en betydelig større varig deformasjon enn rekkverket festet til plaststolper. De påførte skadene ble deretter reparert. Reparasjonskostnadene ble for:

Stålstolper:	1960 kr
Trestolper:	1980 kr
Plaststolper:	840 kr

Reparasjonskostnadene gir en indikasjon på at ved påkjørsler av rekkverk festet til plaststolper vil reparasjonene bli mer enn halvert. Dette skyldes plastens bøyelighet og evne til å gå tilbake til sin opprinnelige form og stilling uten vesentlig reduksjon av styrke. Laboratorieprøver har vist at plaststolpene etter ca 90 graders bøyning bare taper ca 10 % av sin maksimale styrke. Stolpene kan derfor i mange tilfelle benyttes videre uten utskifting.

Snøbrøyting- Test på Lista

Skader som følge av at plogen legges inn mot vegrekkverket er på mange vegstrekninger og kanskje først og fremst på høyfjellsoverganger et betydelig problem. For å få et bilde av hvorledes et stålskinnerekkverk festet til forskjellige stolpetyper oppfører seg ved gradvis sterkere belastning fra snøplog under brøyting, ble det på Lista også gjort kjøreprøver med snøplog mot rekkverket. (se Vedlegg 1). Det ble benyttet de samme tre stolpetyper som under påkjøringstesten nevnt foran. Det ble benyttet en meget tung brøytebil MAN 6x4 boggibil utstyrt med en Steinsland spissplog. Denne ble påmontert en ekstra forlengelse på snøplogbladet for derved å kunne øke presset mot rekkverket fra lett press til meget stor belastning uten kapping av stolpene ved bakken.



Bilde12 viser testplogen med forlengelse av snøvingen

Det ble kjørt 8 ganger langs rekkverket med gradvis større press til siden mot rekkverkskinnen.



Bilde 13 viser resultatene etter 3 kjøringer.



Bilde 14 viser resultatene sett bakfra etter 8 kjøringer



Bilde 15 viser resultatene sett forfra etter 8 kjøringer

Permanent deformasjon etter 8 kjøringer var for:

stålstolper	52 cm
trestolper	97 cm
plaststolper	30 cm

Bildene viser hvorledes skadene på rekkverket er størst på partiet med trestolper hvor samtlige stolper er knekt. Partiet med stålstolper er betydelig mindre skadet og bøyd ut til siden. Forklaringen på dette skyldes at plaststolpene bøyes ut til siden, men går tilbake til sin opprinnelige form og styrke etter bøyning.

Rekkverkbeskytter

I Vegvesenets krav til snøploger av juni 1988 er det sagt at plogskjæret alltid skal stikke minst 100 mm utenfor bilens høyre side. Utformingen av selve plogvingen er det imidlertid ikke satt noe krav til. Fig 1 i plogstandarden viser dette.

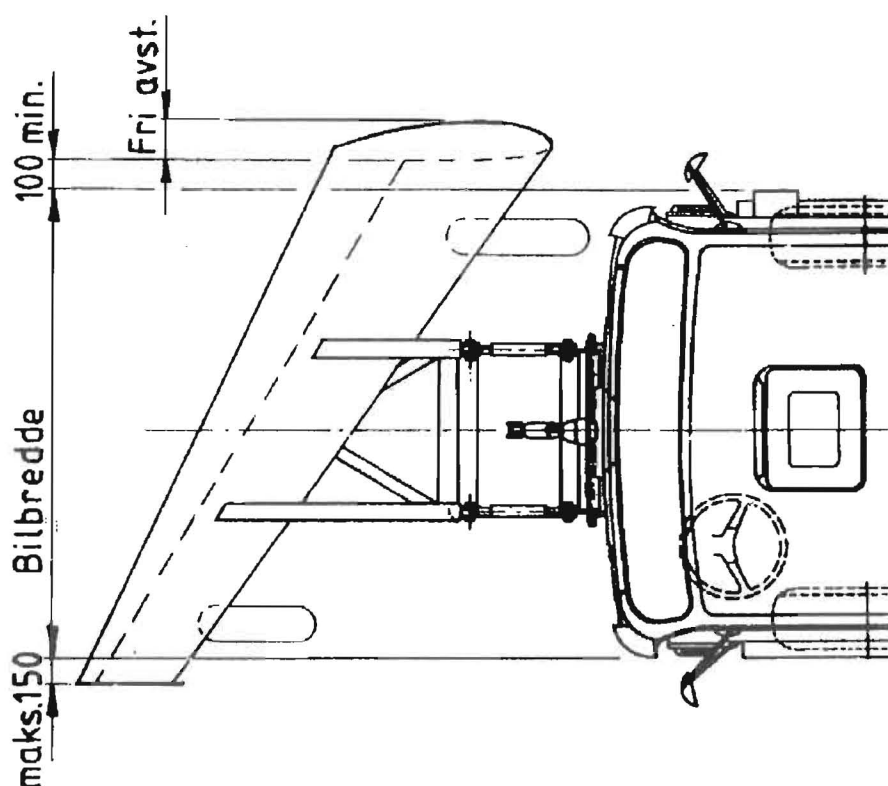


Fig. 1

Det er således utformingen av plogvingen sett i forhold til skjæret og rekkverkstolpenes mykhet som avgjør mulighetene for brøyteskader i form av kutt nederst på stolpene. Det er også av stor betydning om rekkverket er utstyrt med utblokkingsbøyler. Utblokkingsbøylene bygger rekkverkskinnen ca 12 cm ut fra stolpen. Betydningen av utblokkingsbøyler i kollisjonssammenheng er omdiskutert, men vil klart være gunstig for å redusere kuttskader fra plogskjæret mot stolpene.

For å redusere skader på trestolpene er det overfor plogskjærleverandørene presisert at det ytterste høyre skjæret skal skråskjæres slik at tuppen på skjæret ikke stikker ut til høyre utenfor selve plogbladet. Det er viktig at brøytesjåførene ved skifte av skjær alltid påser at nye skjær som monteres, har avkappede hjørner.



Bilde 16 viser et avskåret vegskjær for montering ytterst på plogen.

Snøplogbeskytter

Vegvesenet i Sogn og Fjordane har vært spesielt opptatt av brøyteskader. De har derfor sveiset på snøplogvingen en stålplate på høyre side som det kan skrues fast en plastplate til. Denne blir da liggende mot rekkverket. Dette er gjort for å unngå avskraping av galvaniseringen på rekkverkskinnene. Men ved å benytte forskjellige tykkelser på plastplatene vil dette kunne være en måte også å tilpasse plogene til rekkverkene og deres mykhet. Dette er en enkel og fin løsning for å redusere noen av plogskadene.



Bilde 17 viser snøvingen påmontert plate av neopren

Rekkverkforsterkning

Det foreligger flere muligheter for å forhindre at plogskader på rekkverkskinnene oppstår. Det har fra Vegdirektoratets side vært fremmet forslag om forsterkning av rekkverket nettopp i det partiet hvor utklemmingen finner sted i partiet fra 0 til 80 cm foran stolpene. Dette kan gjøres enten ved å montere en kort skinne på baksiden av den vanlige skinnen på dette stedet alternativt forlenge skinnene med 80 cm slik at disse får en overlapping i det utsatte partiet. Bilde under viser to alternative forsterkninger av rekkverket.



Bilde 18



Bilde 19

Høsten 2001 ble det satt opp noen prøvestrekninger i Sogndalsdalen med disse to løsningene. Rekkverket har nå to vintersesonger bak seg. Resultatene så langt er meget gode. Det er derfor grunn til å anta at dette er løsninger som allerede nå kan tas i bruk på vegpartier fortrinnsvis på høyfjellet med mye snøbrøyting under vanskelige forhold hvor stålskinnen er festet til de stive trestolpene.

Plaststolper er godkjent for montering av stålskinnerekkverk. Disse er noe dyrere enn trestolper, men har mange interessante egenskaper. Stolpene som er laget av polyetylen er energiabsorberende, har stor levetid, er resirkulerbare, retter seg ved stor nedbøying nesten helt opp igjen uten merkbart tap av styrke og synes å være meget vedlikeholdsvennlige. Stolpene forventes å bli mer og mer tatt i bruk som feste for rekkverk.

Det ble i fjor satt opp et prøveparti med stålskinnerekkverk på Haukelifjell i en meget vanskelig venstresving hvor det er benyttet plaststolper til erstatning for skadede trestolper. Prøvestrekningen viser så langt ingen tegn til skader av noen slag og er helt uten tegn til flatklemming av rekkverkskinnen.

Dersom bruk av plaststolper øker antar vi at dette vil kunne føre til en markert nedgang i plogskader. Men fordi stolpene vil gi noe etter under påkjøring av plog vil behovet for å få plogvingene noe forlenget til høyre i rekkverksnivå, være nødvendig. Dette kan skje enten fra fabrikant som standard eller oppnås ved montering av plastplater ytterst på snøvingen etter mønster av Sogn og Fjordanes løsning.

I Finland har det siden 1971 bare vært benyttet 4 mm og 5 mm stålskinner. Disse har vist seg meget holdbare overfor påkjenninger fra snøploger. Det er grunn til å vurdere om bruk av 4 mm skinner på utsatte områder også kan være aktuelt i Norge.

Bruk av mer høyverdig stål i skinnene kan forbedre rekkverkets egenskaper overfor brøyteskader. Det har imidlertid vært utført en kollisjonstest i fullskala med høyverdig stålmateriale i skinnene som har gitt uakseptabelt resultat.

Montering av rekkverk

Erfaringer tilsier at svært mye rekkverk er satt opp med for stor stolpeavstand slik at sidefestet blir for dårlig og at rekkverket derfor kan svikte ved påkjørsel og press fra snøplogen. I ny rekkverknormal Håndbok 231, legges det opp til krav om bruk av sterkere rekkverk som har mindre arbeidsbredde. Dette kan oppnås bl. annet ved å sette opp godkjent rekkverk med liten stolpeavstand. Hittil har 4 m stolpeavstand vært dominerende. Mye tyder på at 2 m stolpeavstand vil være riktigere og nødvendig langs norske veger.

Erfaringer gjennom mange år viser at virkningen av rekkverk ved påkjørsler ofte har vært betydelig svekket som følge av dårlig feste for rekkverkstolpene i vegskulderen.

Årsaken til dette kan ofte føres tilbake til for dårlig masse i vegskulderen og at stolpene står for langt ut til siden uten mothold av masser på utsiden. En annen viktig årsak skyldes at stolpene ikke er drevet tilstrekkelig og forskriftsmessig langt nok ned i bakken. En tredje grunn kan være at utstyret som er benyttet under monteringen ikke har gitt tilstrekkelig komprimering av massene rundt stolpene.

I den nye rekkverknormalen og veiledningen til denne, vil det derfor bli gitt nærmere retningslinjer for montering og komprimering rundt stolper av forskjellige typer.

7. Miljø

Vegvesenet har i Håndbok 214 , Helse, miljø og sikkerhet sagt:

Statens vegvesen har som arbeidsgiver og byggherre det mål at all virksomhet i etaten skal gjennomføres uten at mennesker og miljø påføres skader.

Det er videre sagt at hensynet til fremdrift og økonomi aldri skal gå på bekostning av HMS og at Vegvesenet skal arbeide for at etaten i en kontinuerlig og lærende prosess oppnår :

- ingen farlige utslipp til ytre miljø
- miljøvennlig avfallshåndtering

I Håndbok 211 er det sagt at ved innkjøp skal det stilles miljøkrav til produkter og leverandører.

Med utgangspunkt i denne målsettingen samt ønsker om å få senket vedlikeholdskostnadene for vegrekkverk har Vegtek sett nærmer på hvilke problemer en står overfor og hvilke tiltak som kan iverksettes for å oppnå dette.

Trestolper.

Siden midten av 1960 årene har vegvesenet i det alt vesentligste brukt trestolper for montering av stålskinne- rekkverk. Det er pr i dag montert ca 2 mill trestolper langs det norske vegnettet. Som nevnt er disse stolpene innsatt med kopper, krom og arsen for derved å gi stolpene en nødvendig beskyttelse mot råte. Dette er kjemikalier som Miljøverndepartementet i de senere årene har forsøkt å begrense bruken av. Det er spesielt arsen som er i søkelyset, men gjelder også de andre stoffene. I forskrift fra Miljøverndepartementet av 10- 09- 2001 om forbud mot bruk av CCA- impregnert trevirke er det beskrevet alle begrensninger. Forskriftene har unntak for CCA- impregnert tre brukt i næringsvirksomhet hvor det av sikkerhetshensyn er behov for god beskyttelse mot råte. Stolpene må ved utskifting i dag leveres til spesielle avfallsmottak og det må betales mellom 1 200 og 2 200 kr pr tonn for å få levert stolpene. Anslagsvis koster dette vegvesenet årlig 3-4 mill kr. Tilbakelevering av CCA- impregnerte trestolper vil bli behandlet i nye retningslinjer.

Trestolpene ble tatt i bruk som en billig løsning og som støtte til norsk treindustri. I dag leveres ca 80 % av stolpene fra Sverige. I Sverige benyttes imidlertid ikke trestolper til rekkverk. Det benyttes bare stålstolper. Dette er tilfellet også i alle øvrige land i Europa. I Canada og i noen utstrekning i USA benyttes relativt kraftige trestolper med rektangulært tverrsnitt.

Stålstolper

Stålstolper (zigma-stolper) er nærmest en standard for innfesting av stålskinnerekkverk over hele Europa. Disse stolpene har også vært tillatt brukt i Norge, men har funnet svært liten anvendelse. Grunnen til dette antas å være primært en noe høyere pris, at de gir relativt liten sidestøtte fordi stolpene er relativt smale og fordi entreprenører og vegvesenets produksjonsavdelinger har hatt utstyr som er tilpasset trestolper. Stålstolpene er ikke et problemavfall på samme måten som trestolper. Ved levering som avfall betales det en sum for stålstolpene som normalt dekker transportkostnadene til mottaksstedene.

Plaststolper

Det er de seneste årene blitt utviklet plaststolper som fester for stålskinnerekkverk. Denne kombinasjonen er testet etter NS –EN 1317 i klasse N2 og er etter dette godkjent for bruk overalt i Europa.



Bilde 20 viser test av plaststolper ved med 110 km/t og 20 graders påkjøringsvinkel

Plaststolpene er laget av en spesiell type polyetylen. Dette materialet utmerker seg ved en stor evne til å absorbere energi ved deformasjon og bøying. Etter en bøying på nær 90 grader går stolpene som vist på bildet, tilnærmet tilbake til sin opprinnelige form uten vesentlig tap av styrke. Disse egenskapene gjør stolpene spesielt interessante når det gjelder påkjøringsegenskaper og vedlikehold.

Når det gjelder den miljømessige siden har polyetylenen positive egenskaper ved at stolpene er helt fri for miljøskadelige stoffer og er resirkulerbare. Det vil med andre ord si at stolper som må skiftes ut har en restverdi. Men på samme måte som for trestolpene vil det påløpe transportkostnader frem til bestemte oppsamlingsplasser.

Plaststolpene er i dag en del dyrere enn trestolper og stålstolper, men har antakelig lengre levetid og mindre vedlikeholdskostnader. Elastisiteten i stolpene gir et mykere kollisjonsforløp med mindre skade på bil og på selve rekkverket. Plaststolpene fortøner seg derfor som et interessant miljømessig og bruksmessig alternativ som fester for stålrekkverkskinner i tiden fremover. Vi trenger imidlertid mer erfaring med plaststolper for å kunne gi en sikker vurdering av den fremtidige bruken av disse.

8. Gjenbruk

Retting av rekkverkskinner

Det er i kapitlene foran beskrevet tiltak for å unngå eller redusere skader på rekkverk. Det er imidlertid et viktig spørsmål hvorledes Vegvesenet på en effektiv og billigst mulig måte kan reparere skader som av forskjellige grunner har oppstått.

Ved større skader er det klart at så vel stolper som skinner må skiftes ut. Ved mindre kollisjonsskader og plogskader i form av flatklemming av rekkverkskinnen, er mulighetene for gjenbruk betydelige.

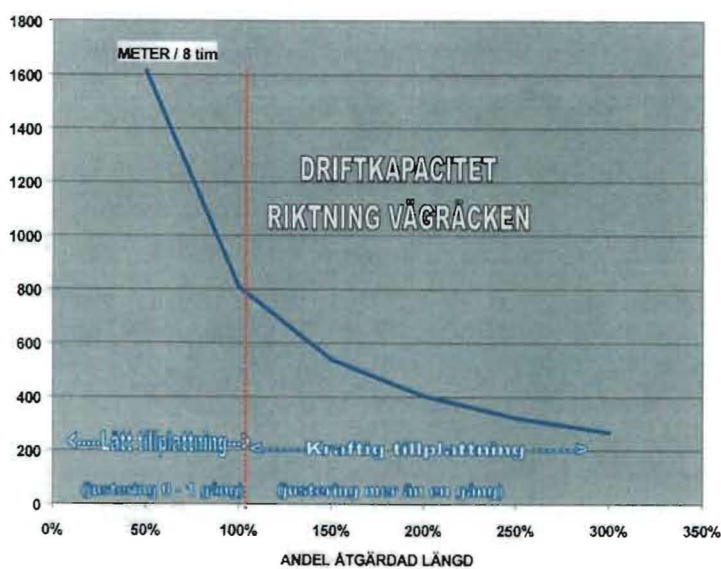
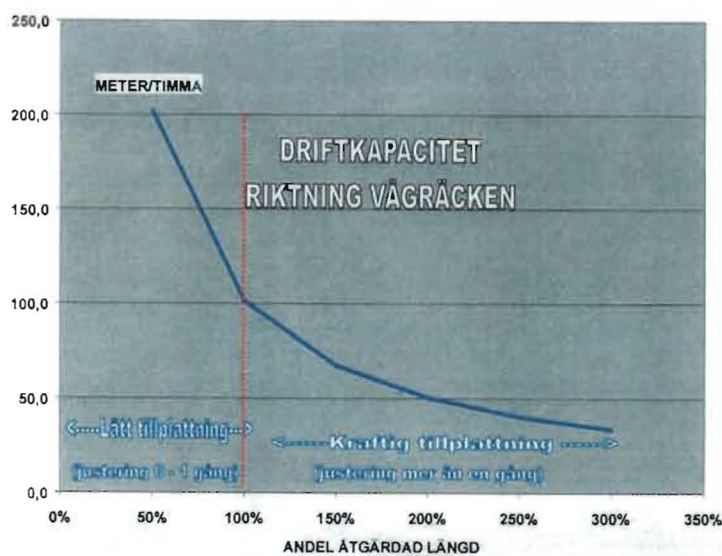
Oppretting av skadet rekkverk ute langs vegen er en utfordring fordi dette kan gi en relativt billig løsning. Enkelte entreprenører påtar seg i dag slike retteoppdrag som vanligvis inkluderer båderetting av selve stålskinnen og utskifting av stolper. De gamle skinnene srus av stolpene og rettes med slegge og hydraulisk klype. Pris for slik oppretting ligger i området 100 kr pr meter.

For å effektivisere og mekanisere en slik retteoppgave ute på vegen ble det i 1999 etablert et samarbeid med firmaet Haug Maskin i Vestfold for videreutviklet av en maskin firmaet hadde laget for retting og tilbakeføring av skadet rekkverkprofil til sin opprinnelige form. Rettemaskinen som ble kalt ”Gripper”, ble bygget som en unit til montering foran på hjullaster. Denne kan kjøres langs rekkverket og klemme rekkverkskinnen tilbake til sin opprinnelige form der rekkverket er skadet. Maskinen er utstyrt med klemmebakker og hydrauliske sylindere som bringer disse i riktig posisjon og klemmer dem sammen rundt rekkverkskinnen og gir den sin opprinnelige form.



Bilde 21 viser Gripper på PIARC utstillingen i Luleå

Det er laget tre slike maskiner, to befinner seg i Norge og en er laget til Produksjonsavdelingen i Vägverket. Vägverket har utarbeidet informasjonsmateriale med kapasitetstall og bilder som viser brøyteskadet rekkverk før og etter oppretting. Vägverket har sagt seg meget fornøyd med maskinen. Disse er vist nedenfor.



Bilde 22 viser driftskapasitet for rettemaskinen



Bilde 23 viser rekkverk før oppretting

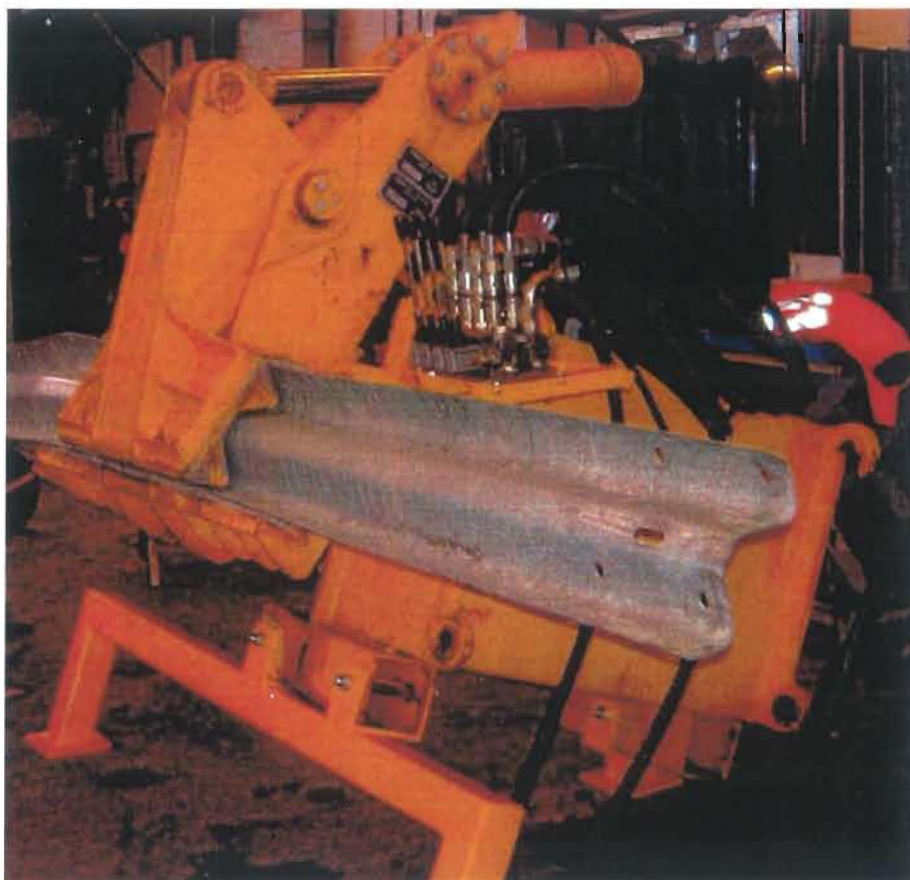


Bilde 24 viser rekkverket etter oppretting.

Maskinen kan leveres fra firmaet Øveraasen, Gjøvik. Prisen for maskinen antas å ligge i området 150 000 kr.

Under arbeid med retting av skinner kan en trenet fører også i noen grad justere skinnehøyden og rette opp stolper som er skjeve. Maskinen har tilstrekkelig kraft til dette. Men det må i så fall sjekkes nøye at stolpene ikke er skadet og at det etter oppretting skjer en komprimering rundt stolpene.

Maskinen ble opprinnelig laget for å rette opp rekkverket der det er montert langs veien. Det er imidlertid en rekke fylker som har tatt ned skadede rekkverkskinner. Disse ligger ofte lagret på enkelte vegstasjoner. Det er stilt spørsmål om det ikke kunne være god økonomi å rette disse skinnene fremfor å kjøpe nye. For å gjøre dette mulig er det ved Flagstad vegstasjon laget en oppstillingsbukk for Gripper maskinen slik at denne kan brukes stasjonært. Bilde 25 viser en slik stasjonær oppstilling hvor maskinen er drevet fra et eget hydraulisk aggregat.



Bilde 25 viser en slik oppstilling.

Ved oppretting av skadet rekkverk er det nødvendig med en kritisk vurdering av skadene. Gjenbruk stiller store krav til retthet og overflaten på skinnene. Prøver på rimelig skadede rekkverk viser at rettingen krever to personer og at det vil ta fra 2-4 minutter å rette en 4 m skinne. Dette skulle tilsi en rettepris på ca 30 - 40 kr pr skinne for å dekke lønn og maskinutgifter. En ny skinne på 4 m har en pris på ca 600 kr inkl. mva, frakt og montering.

Det er således betydelige beløp å spare ved å benytte rettemaskinen dersom antallet skadede skinner er av en viss størrelse. Det er imidlertid åpenbart at den største besparelsen og det gunstigste økonomiske resultatet oppnås ved å rette skinnene langs veien. Prisen for en rimelig skadet skinne vil basert på svenske kapasitetstall, gi en rettepris for en 4 m skinne på 15- 20 kr.

Maskinen og erfaringene det her referer seg til, befinner seg på Flagstad vegstasjon og nærmere informasjon om maskinen og oppstillingsbukken vil kunne innhentes derfra.

9. Konklusjon

Av trafikkulykkene utgjør utforkjøringsulykkene ca 30 %. Med utgangspunkt i Vegvesenets 0-visjon er arbeidet med vegrekkverk valgt som et satsningsområde. Sentralt i dette arbeidet er at det blir montert rekkverk der dette er påkrevet og at det rekkverk som velges er av en slik kvalitet og er montert opp på en slik måte at når uhell med utforkjøring skjer forhindrer alvorlige personskader og dødsfall.

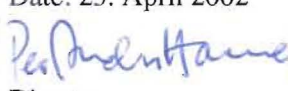
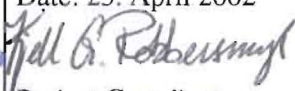


Vesentlige deler av rekkverket langs norske veger er mangelfullt og er ikke montert med tilstrekkelig hensyn til at påkjørsler som oftest skjer med betydelig hastighet. De vesentligste svakhetene består i at rekkverkene er for korte og avsluttes for nær farestedet, at rekkverkene er for svake med for stor utbøying ved påkjørsel fordi stolpeavstanden er for stor og at avslutningen av rekkverkene består av nedførte endeavslutninger som ved påkjørsel vipper bilen opp og velter denne rundt. Bilen lander derfor på utsiden av rekkverket på siden eller taket 20 – 30 m fra påkjøringsstedet hvor terrenget er så farlig at det er valgt å sette opp rekkverk.

Ved større reparasjoner eller utskiftninger av eldre rekkverk forutsetter de nye rekkverknormalene at disse legges til grunn så langt det er praktisk mulig.

Kostnadene til reparasjon og vedlikehold av vegrekkverk er meget store. Det er derfor en viktig oppgave for vegvesenet å redusere disse til et minimum. Som det fremgår av rapporten er det en rekke tiltak som kan bidra til dette:

- alltid benytte godkjente rekkverk
- montere vesentlig lengre rekkverk foran farestedet enn det som hittil har vært praksis og som nå blir foreskrevet i de nye rekkvernnormalene
- redusere så langt mulig, antall rekkverksender ved å kople rekkverk sammen der avstanden mellom rekkverkspartier vil bli mindre enn 100 m
- nøye vurdere valg av rekkverkstolper ut fra vedlikeholdskostnader og levetid
- øke bruken av rekkverk med tettere stolpeavstand (2 m i stedet for 4m) som gir mindre utbøying

- bruk av forsterket eller ettergivende rekkverk som reduserer skader og flatklemming av skinne, på vegpartier med mye snø og hyppig brøyting
- påse at stolper monteres i henhold til forskrifter og sjekke at disse har tilstrekkelig sidefeste og at det blir komprimert rundt stolpene.
- bruke plogbeskytter og avkuttete plogskjær ytterst på plogen
- erstatte nedførte endeavslutninger med innføring i sideterreng eller benytte ettergivende rekkverksender som stopper bilene eller gir gjennomkjøring uten skader på fører og passasjerer.
- vurdere miljøforhold, avgifter for deponering og muligheter for resirkulering
- vurdere mulighetene for gjenbruk av rekkverkskinner ved retting langs veg
- vurdere nøye vedlikeholdsbehov og levetidskostnader ved valg av rekkverkstyper

Report Title: <i>Project Report 18/2002</i>			
Damage to the safety barrier using snow clearing equipment Kjell G. Robbersmyr			
Project no: 8 2002 300		Task: Investigation of the behaviour of a safety barrier. Determination of the deformation by using different support posts.	
		Author: Kjell G. Robbersmyr	
Institute: SENTEK / Agder University College		Type of Report: Project Report	Report no: 18 / 2002 ISSN 0808-5544
Client: Norwegian Public Roads Administration, Directorate of Public Roads. P.O.Box 8142 Dep N – 0033 Oslo, Norway		Summary: The performance of the safety barrier in contact with snow clearing equipment was determined by performing a full scale test at Lista Airport. The test involves a truck, which presses the safety barrier at a prescribed point and distance. Two types of tests are executed: <ul style="list-style-type: none"> • Determination of the damage by pressing the safety barrier to an agreed maximum deformation. • Determination of the damage to the safety barrier using a truck with a mounted snowplough, and swerving along the safety barrier. Using video camera, the behaviour of the safety barrier and the snowplough during the collision was recorded. Based upon the results obtained, the tested safety barrier with different support posts have proved that the safety barrier using support posts made of plastic are the best when hit by a vertical line force. There is also a clear small difference in repair costs when the barrier is swerved by a snow plough.	
Availability of this report: Restricted		4 keyword: Safety barrier, Snow clearing equipment, Damage Repair costs.	
Number of pages: Report: 18 pages Appendix: 1page		Date: 25. April 2002  Director	Date: 25. April 2002  Project Coordinator
		Revision: 3.0 Date: 25. April 2002 Controller	
  HØGSKOLEN I AGDER Agder College			

Contents

1. Introduction	2
2. Testing laboratory	3
3. Client	3
4. Test item Safety barrier	3
5. TEST A	4
Test procedure	4
Results	6
Costs	13
Comments	13
6. TEST B	14
Test procedure	14
Results	14
Comments	17
Costs	17
7. Conclusion.	18
8. List of annexes.	18
Annexes	19

1. Introduction

This report describes a full scale test concerning the behaviour of a safety barrier. The test took place at our testfield at Lista Airport, Norway, the 18.March 2002.

Two type of tests are executed:

- Test A: Determination of the damage to the safety barrier by pressing the safety barrier to an agreed maximum deformation.
- Test B: Determination of the damage to the safety barrier using a truck with a mounted snowplough, and swerving along the safety barrier.

The test was planned by the Directorate of Public Roads, and performed by Kjell G. Robbersmyr from Sentek / Agder College. Arnulf Ingulstad from Directorate of Public Roads was the client's representative on the test site, and Autovernmontasje A/S was in charge of the erection of the safety barrier.

2. Testing laboratory

Name: Sentek/Agder Univ. College, Address: Grooseveien 36, 4890 Grimstad
Telephone no.: +47 38 14 22 00, Fax number: +47 38 14 22 01
E-mail address: Post@Agderforskning.no Test site location: Lista Airport, Farsund

3. Client

Name: Norwegian Public Roads Administration, Directorate of Public Roads.
Address: Grenseveien 97, 0033 Oslo, Telephone no.: 47 22 07 35 00
Fax number: 47 22 65 38 66, E-mail address:

4. Test item Safety barrier

The test item consists of the following components:

- **Support posts:**
 - Material: steel, dimension: 2000x100x60x4, (The so-called Sigma post), number in the test zone: 8.
 - Material: plastic (Borealis HDTE development grade TL 2000.10), dimension: 2000x140x14, number in the test zone: 8.
 - Material: wood, dimension: 2000x140, number in the test zone: 8.
- **Steel safety rail:**
 - Designation: W85x310x4316, material: S235, total number: 24, weight: 50 kg each.
- **Bolt connection:**
 - Connecting the rail parts: M16 x 25 - 4.6
 - Assembly the rail and the posts: M16 x 60 - 8.8

- **Safety barrier assembly**

The support posts are mounted in standard soil meeting the grading curve specified in EN12767. Using a glazing hammer, Montaberte 250, the ground was perforated and the posts of wood and plastic mounted. Extra soil was placed around the posts where needed. After this the soil was compacted using the same hammer. The safety barrier was mounted using the specified bolts and the equipment: Makita 6906, 620W.

From the ground to the top of the safety barrier the distance is measured to be roughly 770 mm. The top of the support posts was cut off and the support posts were therefore reaching 1000 – 1200 mm. into the ground.

The assembling of the steel safety rail, the backfill of the support posts, and the assembling of the rail to the posts was done with the help of instructions provided by the client's representative.

The support posts have the following order: Four support posts (wood) at the front end have 2,0 m spacing. The rail was sloped down to the ground over 6,0 m. The next nine support posts have 4,0 m spacing, and now the posts have alternating order: plastic, steel and wood. The real testzone of the safety barrier consist of eight support posts (sigma), eight support posts of plastic and eight support posts of wood, all with 2,0 m spacing. At the far end the safety barrier was sloped down to the ground and was anchored using two support posts of wood with 2,0 m spacing.

5. TEST A

Test procedure

The goal of this test was to determine the deformation of the safety barrier by pressing between two support posts and observe the damage to both the safety rail and the support posts.

The test was executed by using a glazing hammer, Montaberte 250. The pig (Ø150) of this hammer was pressed lateral against the safety rail as shown in figure 1. The glazing hammer was mounted on a truck, type Scania 111, 6x2, model year: 1975. The total mass of the truck was ≈ 16 tons. Five tests were done on the same support post. At each test the force was increased and the initial and the permanent deformation was measured.

Before the test a platform with a vertical rod was placed at a point where the force is applied, and with the rod touching the steel rail.



Picture 1. The glazing hammer, Montaberte 250, mounted on a truck. Notice: The platform with a vertical rod for measurement of initial and permanent deformation of the steel rail.

The permanent deformation at each post was measured using a laser beam and a folding rule. The measurements refer to the front of the lower corrugation of the steel rail.

Results

Support posts: Material: steel, dimension: 2000x100x60x4, number: 8. (The so-called Sigma post). The pig pressed the rail in the centre between the post no. 3 and post no. 4.



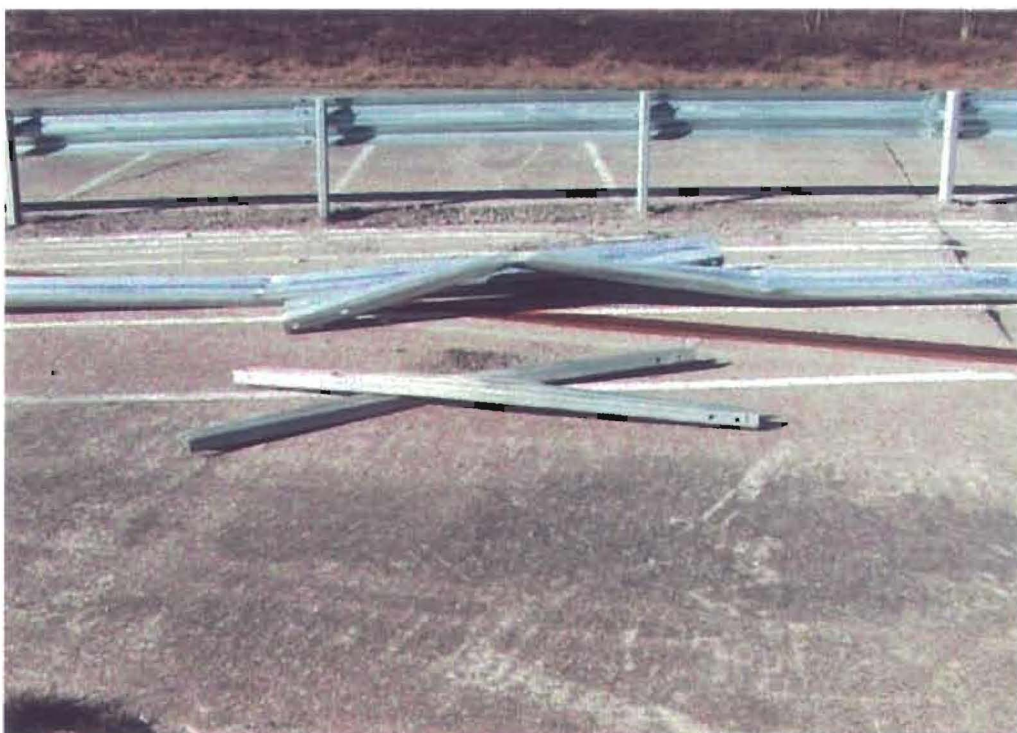
Picture 2. The initial deformation of the rail at initial deformation.



Picture 3. The permanent deformation of the rail.



Picture 4. The hit point.



Picture 5. Material which has been exchanged: Two rail sections and two support posts.

Table 1. The measured initial and permanent deformation caused by a vertical line force. The hit point was between post no. 3 and post no. 4 in this testzone.

Initial deformation [mm]	100	200	400	500	730
Measured permanent deformation [mm]	50	130	280	370	510

Table 2. Measured permanent deformation at the lower corrugation of the rail at each post after five tests. The hit point was between post no. 3 and post no. 4 in this testzone.

Post no.	1	2	3	4	5	6	7	8
Measured permanent deformation [mm]	0	50	280	240	70	20	0	0

Support posts: Material: plastic (Borealis HDTE development grade TL 2000.10), dimension: 2000x140x14, number: 8. Notice: The post is a tube.



Picture 6. The initial deformation of the rail.



Picture 7. The permanent deformation of the rail.



Picture 8. The hit point.



Picture 9. Material which has been exchanged: Only one rail section and none support posts.

Table 3. The measured initial and permanent deformation caused by a vertical line force. The hit point was between post no. 3 and post no. 4 in this testzone.

Initial deformation [mm]	100	200	400	530	760
Measured permanent deformation [mm]	20	70	180	250	390

Table 4. Measured permanent deformation at the lower part of the rail at each post after five tests. The hit point was between post no. 3 and post no. 4 in this testzone.

Post no.	1	2	3	4	5	6	7	8
Measured permanent deformation [mm]	0	70	180	200	60	20	0	0

Support posts: Material: wood, dimension: 2000x140, number: 8.



Picture 10. The initial deformation of the rail.



Picture 11. The permanent deformation of the rail.



Picture 12. The hit point. Notice: The broken support post.



Picture 13. Material which have been exchanged: Two rail sections and three support posts.

Table 5. The measured initial and permanent deformation caused by a vertical line force. The hit point was between post no. 3 and post no. 4 in this testzone.

Initial deformation [mm]	100	210	340	450	730
Measured permanent deformation [mm]	30	90	180	250	550

Table 6. Measured permanent deformation at the lower part of the rail at each post after five tests. The hit point was between post no. 3 and post no. 4 in this testzone.

Post no.	1	2	3	4	5	6	7	8
Measured permanent deformation [mm]	0	70	310	360	140	40	0	0

Costs

In annex 1 you will find the repair costs for the three types of support posts.

By pressing the rail to a deformation of roughly 700 mm, the following results listed in table 7 are observed.

Table 7 Material which have been exchanged and its cost.

Parameter Material	Steel (Sigma)	Plastic	Wood
Permanent deformation measured at the hit point	510	390	550
Material damaged	Two rail sections and two support posts.	Only one rail section and none support posts	Two rail sections and three support posts.
Costs	NOK 1960,-	NOK 840,-	NOK 1980,-

Comments

Table 7 shows that damages to the safety barrier, when hit by a vertical line force, is much greater when using support posts of steel and of wood, than using support posts of plastic. The support post of plastic costs less than a half of the costs for the two other types.

6. TEST B

Test procedure

The test was executed by driving the truck, type MAN 26414, 6x4, model year: 2000 and total mass: ≈ 12 tons, along the guard rail. The snow plough is a symmetric plough, produced by Steinsland and width: 270cm. The test velocity was 25 – 30 km/h. A modified snow plough, build wider using a steel profile welded to three steel bars in order to press the guard rail without damaging the posts, is shown in figure 14.



Picture 14. The modified snow plough.

Eight tests were executed with increasing load to the rail sections.

Results

The testzone of the safety barrier consist of eight support posts (sigma), eight support posts of plastic and eight support posts of wood, all with 2,0 m spacing.

Picture 15 and 16 shows the guard rail after three and eight tests, respectively.



Picture 15. The guard rail after three tests: The steel posts, the plastic and the wood posts.



Picture 16. The guard rail after eight tests: The steel posts, the plastic and the wood posts.



Picture 17. The guard rail after eight tests: The steel posts, the plastic and the wood posts.



Picture 18. The guard rail after eight tests.

Table 8 shows the maximal permanent deformation measured after the test.

Comments

Following comments are:

- The wooden posts broke at the ground level in the third test.
- The steel (Sigma) posts buckled at the ground level.
- The plastic posts seems insignificant buckled and may most likely be reused.
- The rail sections are damaged and cannot be reused.

Notice: Concerning the Sigma (steel) posts: Assembly of the rail and the posts consist of a bolt: M16 x 60 - 8.8. The bolt which is specified is however M10 x 60 - 8.8

Using M16 x 60 - 8.8 may give different result than using the correct M10 x 60 - 8.8.

Costs

In annex 1 you will find the repair costs of the safety barrier for three types of support posts when hit by a line force. The costs in table 8 are calculated using these repair costs.

Table 8. The maximal permanent deformation measured after the test, material which have been exchanged and its cost.

Material	Steel (Sigma)	Plastic	Wood
Max permanent deformation [mm]	520	300	970
Post no.	7	9	22
Material damage	7 steel rails and 4 posts	7 steel rails	7 steel rails and 5 posts
Costs	NOK 6440,-	NOK 5880,-	NOK 6380,-

Notice: The number of posts are referred to the real testzone which consist of eight support posts of steel (nos 1 to 8), eight support posts of plastic (nos 9 to 16) and eight support posts of wood (nos. 17 to 24).

The deformation of the guard rail in the plastic post zone is probably affected (see table 8) by the preceding deformation in the steel post zone, since the maximum deformation occurs at the first post no. 9.

In these tests where the safety barrier is exposed to extreme loads, there are minimal difference in repair costs of the safety barrier using posts of steel, plastic or wood because the main costs are related to the rail and the assembly of the barrier.

7. Conclusion:

Two type of tests are executed:

- Test A: Determination of the damage to the safety barrier by pressing the safety barrier to an agreed maximum deformation.
- Test B: Determination of the damage to the safety barrier using a truck with mounted snowplough, and swerving along the safety barrier.

Test A shows that much more parts must be exchanged after the test, both with a safety rail using support posts of steel and of wood than using support posts of plastic. The costs of repairing both the safety barrier using support posts of steel and wood are typically two times the costs of repairing the safety rail using support posts of plastic.

Test B shows that the damage to the safety barrier was much greater using support posts of steel and wood than using plastic. The damage, however, for all sections was so great that none of the steel rail sections can be reused. The magnitude of the lateral force against the steel rail was tried to keep constant, but may have varied between the test zones in the same test. The costs of repairing both the safety barrier using support posts of steel, plastic and wood are almost equal. The small differences in the repairing costs are related to the posts since the main costs are related to the rail and the assembly of the barrier.

8. List of annexes:

Annex 1: Repairing the safety barrier after test A: Prices. Autovernmontasje as, Lyngdal.



4580 LYNGDAL

Tlf: 38 34 60 90

Fax: 38 34 60 90

Mob: 91 56 19 28/64 49 43 83

Org.nr: 963 333 730 MVA

Angående Test Rakkverk Lista: 14-3-2002

Sigmastolper: 8m Repp a kr 110,- = kr 880
 Materiell: 2stk Sigmastolper a kr 140,- = kr 280
 -u- 2" Skinner (8m) a kr 100 = kr 800
kr 1960

Plast Stolper: 4m Repp a kr 110 = kr 440
 Materiell: 1stk skinner (4m) a kr 100 = kr 400
kr 840

Trestolper: 8m Repp a kr 110 = kr 880
~~1stk Ekstra stolper a kr 100 = (kr 100) *~~
 Materiell: 3stk Trestolper a kr 100 = kr 300
 2stk Lille Skinner (8m) a kr 100 = kr 800
(2080)
kr 1980

* Sto i påleggingsfeltet og brakk den etter andre kjøring.



Picture 7. The permanent deformation of the rail.



Picture 8. The hit point.

Table 1. The measured initial and permanent deformation caused by a vertical line force. The hit point was between post no. 3 and post no. 4 in this testzone.

Initial deformation [mm]	100	200	400	500	730
Measured permanent deformation [mm]	50	130	280	370	510

Table 2. Measured permanent deformation at the lower corrugation of the rail at each post after five tests. The hit point was between post no. 3 and post no. 4 in this testzone.

Post no.	1	2	3	4	5	6	7	8
Measured permanent deformation [mm]	0	50	280	240	70	20	0	0

Support posts: Material: plastic (Borealis HDTE development grade TL 2000.10), dimension: 2000x140x14, number: 8. Notice: The post is a tube.



Figure 6. The initial deformation of the rail.